

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-271746

(43)公開日 平成8年(1996)10月18日

(51)IntCl.⁶G 0 2 B 6/13
6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

M
N

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-76164

(22)出願日 平成7年(1995)3月31日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 都丸 暁

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 今村 三郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 天野 道之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

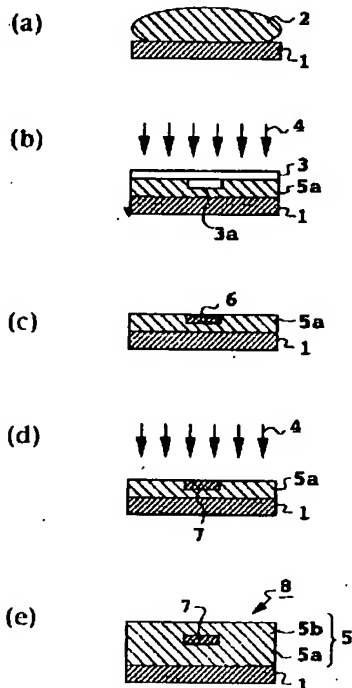
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 光導波路およびその作製法

(57)【要約】

【目的】 安価で簡便に作製可能であり、しかも高性能な光学素子等の導波路、特に単一モード用導波路であって、数 μ mオーダー以下の位置合わせ精度で他の光部品と容易にかつ低損失で光結合が可能な光導波路およびその作製法を提供することにある。

【構成】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、コアはエポキシ環を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであり、または、コアは不飽和基を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであり、混合物の粘度が、室温において10000cps以下であることが望ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記コアは、エポキシ環を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする光導波路。

【請求項2】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、

前記コアは、不飽和基を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする光導波路。

【請求項3】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、

前記コアは、シロキサン結合を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする光導波路。

【請求項4】 前記混合物の粘度が、室温において10000cps以下であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかの項に記載の光導波路。

【請求項5】 所望のコアの形状を有する成型用の型を用い、かつ光硬化性のコア用原料を主とした光学材料を光照射あるいは加熱により硬化させてコアを形成する工程を有する光導波路の作製法において、該成型用の型が光透過性を有し、該光照射が該成型用の型を通して行われることを特徴とする光導波路の作製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信分野、光情報処理分野において使用される光デバイス等に使用可能な光導波路およびその作製法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の導波路型光学素子等の光導波路は、石英ガラス、あるいはLiNbO₃等の誘電体結晶を材料として用いて作製されている。その作製には、微細加工を必要するため、LSIプロセスでよく用いられるフォトリソグラフィ、ドライエッチングプロセス等が組み合わされていた。これについては、河内正夫氏によるOptical and Quantum Electronics 22巻391ページ(1990年)が参考となる。

【0003】しかし、従来の作製法はその製造プロセスが複雑であり、使用される作製装置が高価なことから、大量生産には適さず、安価な素子等の光導波路を作製できないという欠点があった。

【0004】また、従来の作製法により素子等の光導波路を作製しても、その後に光ファイバ等の他の光部品と

光結合を行う際に精密な調整を要するため、大量生産には適していないという問題がある。

【0005】さらに、近時、より安価な材料や高分子材料を用いて光導波路を作製することも行われている。これについては、今村氏他によるElectronics Letters 27巻1342ページ(1991年)が参考となる。しかし、作製法としてガラス導波路と同様な導波路作製法を用いるとすると、基板1枚ごとに同じパターンニング工程を繰り返す必要があること、エッチング装置が高価なこと等のため、材料的には安価であっても全体のプロセスコストはガラス導波路と同程度を要し、結果として安価とはならないという欠点がある。また、この場合にも、導波路を作製したとしても、その後に光ファイバ等の他の光部品と光結合を行う際に精密な調整を要するため、やはり大量生産には適していないという問題がある。

【0006】そこで、プロセスコストを下げるため、あるいは光結合の複雑さを避けるため、金型の転写による射出成形等の高分子成形法により高分子導波路を作製する方法も提案されている。これは大量生産に適した作製法ではあるが、数μmオーダーの加工精度が要求される単一モード導波路の作製においては十分な光学特性を有する導波路が実現できない欠点があった。

【0007】また、このような高分子成形法によりSi基板に施したV溝加工を基にして作製した金型を用いて、そのV溝を高分子導波路と一体化して作製し、そのV溝に配される光ファイバとの結合を簡便にして光学素子等の導波路作製に関わるコストを下げるという考えも提案されている。しかし、特に単一モード導波路と単一モード光ファイバとの結合では数μmオーダー以下の位置合わせ精度が特に要求されるため、十分に低い結合損失を有する導波路を作製できない欠点があった。これらはいずれも主に成形時に用いる金型寸法と成形後の高分子部分の転写寸法とが大きく異なることに起因する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の第1の目的は、安価で簡便に作製可能であり、しかも高性能な光学素子等の導波路、特に単一モード用導波路であって、数μmオーダー以下の位置合わせ精度で他の光部品と容易にかつ低損失で光結合が可能な光導波路を提供することにある。

【0009】本発明の第2の目的は、かかる光導波路の効率的な作製法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明において上記課題を解決するための要因について簡単に説明する。

【0011】(1)光学素子等の光導波路を作製する導波路作製プロセスにおいては、大掛かりな装置を用いず、大量生産に適した加工法を用いること、(2)材料コストが低く、加工が容易な高分子材料を用いること、

(3) 光導波路を作製する際、光ファイバ等他光部品との位置合わせを考慮した金型を用い、作製後の光結合のための作業をできるだけ簡略化すること等が挙げられる。

【0012】本発明では、安価な高分子材料を、大量生産に適した加工法である金型のパターンを転写する成形加工により光導波路を作製することを基本としている。この際の問題は、前述したように、成形時に用いる金型寸法と成形後の高分子部分の転写寸法とが大きく異なってしまうという点にある。これは例えば射出成形後では

高分子を成形するのに高温下で非常に大きな圧力をかけて成形し、その後室温まで冷却するといった方法をとるために、ガラス等に比較すると1桁以上大きい固有の熱膨張係数を有する高分子材料を用いる場合には、成形時に用いる金型寸法と成形後の高分子部分の転写寸法との差を小さくすることは困難であることが多い。

【0013】そこで、上記第1の目的を達成するために、請求項1記載の発明は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記コアは、エポキシ環を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする。

【0014】請求項2記載の発明は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記コアは、不飽和基を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする。

【0015】請求項3記載の発明は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記コアは、シロキサン結合を有するモノマーあるいはオリゴマーと重合開始剤の混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする。

【0016】請求項4記載の発明は、請求項1ないし3のいずれかの項に記載の光導波路において、前記混合物の粘度が、室温において10000cps以下であってもよい。

【0017】また、上記第2目的を達成するために、請求項5記載の発明は、所望のコアの形状を有する成型用の型を用い、かつ光硬化性のコア用原料を主とした光学材料を光照射あるいは加熱により硬化させてコアを形成する工程を有する光導波路の作製法において、該成型用の型が光透過性を有し、該光照射が該成型用の型を通して行われることを特徴とする。

【0018】本発明の作製法では、光あるいは、熱により硬化するタイプの高分子材料を用い、特に熱をかける場合でもそれほど高温を必要としなくても硬化する材料を用いることにより、成形時に用いる金型寸法と成形後の高分子部分の転写寸法との差をできるだけ小さくすることができる。

【0019】また、本発明の光導波路の作製法では、光あるいは、熱により硬化するタイプの材料の構造もエポキシ環、不飽和基、シリコン等を有するため、硬化収縮が小さい。このため、成形時に用いる金型寸法と成形後の高分子部分の転写寸法との差を小さくすることができる。

【0020】さらに、本発明の光導波路の作製法では、用いられる成形用の型の構造を特定のものとすることにより光導波路と、光ファイバを載置するためのV溝とを一体で作製することができる。これにより、光導波路と光ファイバとの光結合を精度よく簡便にできる。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0022】まず、図1の(a)～(e)を本発明の光導波路の作製法の一実施例を説明する。

【0023】図1の(a)に示すように、所望の形状に加工された基板1上にスピコート、ディッピング等の手段により塗布層2を設ける。この塗布層2を形成する材料としては室温で流動性を示し、かつ、後述の例えば光照射により硬化し、しかも硬化収縮の比較的小さい性質を有するモノマーあるいはオリゴマーを挙げることができる。

【0024】次に、(b)に示すように、塗布層2の上に、所望の形状の長尺凸部3aを有する成形用の型3を被せる。この型3は、本実施例では上記塗布層2を硬化させるのに利用される波長の光(紫外線)を少なくとも透過する材料から形成されている。この型3の上方から上記透過波長の光4を照射して塗布層2を硬化させて下部クラッドとなる硬化膜5aを形成する。勿論、光照射時に、上記塗布層2を所定の温度で加熱して硬化させてもよい。

【0025】次に、(c)に示すように、型3を除去すると、硬化膜5aの上部に型3の長尺凸部3aに対応した形状、寸法の溝を露出させ、その溝内にコア材料を収容し、コア材料層6を形成する。このコア材料6としては、硬化時に下部クラッドである硬化膜5aよりも屈折率が高くなり、かつ室温で流動性を示すモノマーあるいはオリゴマーを挙げることができる。

【0026】この工程(c)においては、溝内に光照射または加熱により硬化させる材料を挿入するが、その材料の粘度が10000cps以上の材料では溝中にのみ挿入することが困難であり、硬化後その余剰部分を除去するのにドライエッチング等の工程が必要となるため、溝部に挿入する材料の粘度は10000cps以下が望ましい。

【0027】次に、(d)に示すように、再び光照射4によりコア材料層6を硬化させ、硬化膜7とする。勿論、光照射時に、上記コア材料層6を所定の温度で加熱して硬化させてもよい。この際、溝からはみ出したコア

5

材料層6の余剰部分がある場合にはドライエッチング等により除去する。

【0028】次に、(e)に示すように、硬化膜5および7の上に塗布層2と同様の材料を塗布した後、光照射により上部クラッドとなる硬化膜5bを形成してコアと上下クラッドとから構成された目的の導波路型の光学素子8を得ることができる。

【0029】次に、図2を参照して上記実施例の変形例を説明する。

【0030】まず、図2の(a)は図1の(a)と同一の状態を示している。本変形例では、図1の(b)における長尺凸部3aを有する型3を用いず、図2の(b)に示すように塗布層2を光照射あるいは加熱により硬化させて下部クラッドとなる硬化膜5aとする。一方、型9の上部に形成された長尺凹部9a内にコア材料を収容し、コア材料層6を形成する。このコア材料としては前述と同様に硬化時に硬化膜5aより屈折率の異なる室温で流動性を示すモノマーあるいはオリゴマーを挙げることができる。このコア材料も、前述したように、溝内への挿入困難性等を考慮してその粘度は10000cps以下が望ましい。

【0031】次に、(c)に示すように硬化膜5aを下側にした状態で基板1を型9上に載せ、型9が透明性であれば、型9の下方から光照射し、または加熱してコア材料層6を硬化させてコアリッジ10を形成する。型9を取り除くと、(d)に示すように、コアリッジ10が硬化膜5a上に突出するように露出する。次に、このコアリッジ10および硬化膜5aの上に塗布層2を形成する材料と同様の材料を塗布し、光照射あるいは加熱により硬化させて上部クラッドとなる硬化膜5bを形成する。このような各工程を経て、(e)に示すように、コアと上下クラッドとから構成された目的の導波路型の光学素子8を得ることができる。

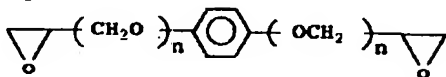
【0032】以下、具体的な例を挙げて本発明を詳細に説明する。

【0033】(実施例1) 本発明の光導波路の作製法について説明する。図3に示したのはその作製手順である。

【0034】まず、(a)に示すように、基板21を用意し、この上にスピンコート法により下部クラッド材料としてエポキシ系UVモノマー(粘度1000cps)を塗布し、塗布層22を形成する。この塗布材料の主成分は次の一般式

【0035】

【化1】

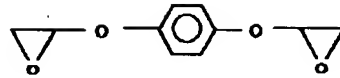


【0036】(ここで、nは0以上の整数である)で表されるか、あるいは次の一般式

6

【0037】

【化2】



【0038】で表される。この塗布層22の上には、

(b)に示すようにガラス性の型24を被せる。この型24は、その下側に幅10μm、高さ10μm、長さ50mmの凸部24aを有するものである。塗布層22上に型24を被せた状態で、紫外線照射25により塗布層22を光硬化させ、(c)に示すように導波路の下部クラッド23aを形成する(屈折率n=1.51、波長1.31μm)。この下部クラッド23aの上には、型24の凸部24aの形状に従って凹部が形成される。

【0039】次に、(d)に示すように、この下部クラッド23aの凹部内に、塗布層22を形成する材料の主成分と同一の主成分を有し、コア材料となるエポキシ系UVモノマー材料(粘度100cps)を挿入してコア材料層26を形成する。この際、コア材料のモノマーの粘度が100cps以下のものを選ぶと、ほぼ溝(凹部)のみに挿入でき、はみ出した材料の除去工程を省略することができる。

【0040】次に、(e)に示すように、紫外線照射によりモノマーのコア材料層26を光硬化させて、コア27を形成する。このコア27は、幅7μm、高さ7μmの寸法を有している(屈折率n=1.52、波長1.31μm)。

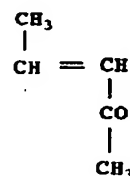
【0041】次に、(f)に示すように、コア27および下部クラッド23aの上に、塗布層22を形成する材料と同一の材料であるエポキシ系UVモノマーを塗布し、紫外線照射により硬化させて上部クラッド23bを形成する。これにより、コアと上下クラッドとから構成された光導波路28を作製することができる。

【0042】得られた光導波路28についてLD光源(波長1.31μm)を用いて導波路損失を測定したところ、導波路損失は0.3dB/cmであった。

【0043】(実施例2) コア材料および上下クラッド材料の主成分として下記の不飽和基を有するモノマーを用いた以外は、実施例1と同様の作製法により導波路型の光学素子を作製したところ、導波路損失は0.1dB/cmであった(クラッド屈折率n=1.47、コア屈折率n=1.48、コア幅7μm、高さ7μm)。

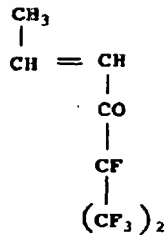
【0044】

【化3】



【0045】

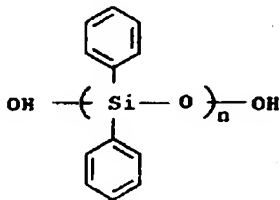
【化4】



【0046】（実施例3）コア材料および上下クラッド 10
材料の主成分として下記のシロキサン結合を有するモノ
マーを用いた以外は、実施例1と同様の作製法により導
波路型の光学素子を作製したところ、導波路損失は0.
1dB/cm（波長1.3μm）、0.5dB/cm
（波長1.55μm）であった（クラッド屈折率n=
1.50、コア屈折率n=1.51、コア幅7μm、高
さ7μm）。なお、シロキサン結合を有するモノマーを
下記的一般式で表すが、式中、nは自然数である。

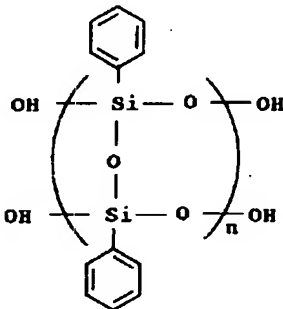
【0047】

【化5】



【0048】

【化6】



【0049】（実施例4）本発明方法によるV溝付導波 40
路の作製法について説明する。図4に示したのはその作
製手順である。

【0050】まず、（a）に示すように、基板30を用
意し、この上にエポキシ系UVモノマーを塗布し、塗布
層31を形成する。

【0051】一方、（b）に示すように、ガラス性の型
32を用意する。この型32は、その下側の一部にV字
形状凸部33を有するものである。この凸部33は、開
き角60°、高さ150μm、幅170μm、長さ20
mmの寸法を有している。

【0052】次に、（c）に示すように、型32を塗布 50

層31上に被せ、型32の上方からUV光源により紫外
線照射34を行って露光し、光硬化させ、下部クラッド
（屈折率n=1.51、波長1.31μm）35aを形
成する。塗布層31は型32の下側の凸形状に従って硬
化し、下部クラッド35aの上面にV溝36が形成され
る。このV溝36は、開き角60°、高さ150μm、
長さ20mmの寸法を有している。

【0053】他方、（d）に示すように、他の型37を
用意する。この型37の下側には、型32の凸部33と
同寸法の凸部38が形成され、この凸部38の中央側の
端部から凸部38の長さ方向に沿って延びる細溝部39
が形成されている。この細溝部39は、深さ10μm、
幅10μm、長さ40mmの寸法を有している。

【0054】次に、（e）に示すように、型37の細溝
部39にコアとなるエポキシ系UVモノマー300を挿
入すると共に、（c）に示したように基板30の下部ク
ラッド35aを密着させる。次いで、（f）に示すよう
に、型37の下方から光照射してモノマー300を硬化
させ、コアリッジ301を下部クラッド35a上に密着
した状態で形成する。この際、下部クラッド35aの上
に形成されていたV溝36と型37のV字形凸部38
とを正確に合わせることにより、（f）に示すように幅
10μm、高さ10μmのコアリッジ（屈折率n=1.
52、波長1.31μm）301をV溝36の位置に合
わせて作製する。

【0055】次に、（g）に示すように、再びエポキシ
系UVモノマー31を塗布し、光照射により硬化させて
上部クラッド35bを形成する。これにより、コアリッ
ジ301、上下クラッド35aおよび35bを含むV溝
30 付導波路302を作製することができる。この導波路3
02のV溝36には、光ファイバを固定することができ
るが、V溝36がコアリッジ301と一体に形成されて
いるので、その光ファイバとコアリッジ301との光結
合に際し、その位置決めを容易にかつ低接続損失で行う
ことができる。なお、本実施例において、光ファイバを
挿入する溝形状としてV溝を用いたが光ファイバが挿入
できる形状であればV溝でなくてもよいことは勿論であ
る。

【0056】得られた導波路302の外観を図4の
（h）に示す。このV溝36に光ファイバを固定し、L
D光源（波長1.31μm）を用いて導波路損失を測定
したところ、ファイバとの接続損失は0.2dB、導波
路損失は0.3dB/cmであった。

【0057】なお、上記実施例のいずれにおいても光硬
化剤を用いた光導波路の作製例を示したが、熱により重
合させる場合は重合開始剤の種類を変えることにより同
様な作製が行える。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、
安価で簡便に作製可能であり、しかも高性能な光学素子

等の導波路、特に単一モード用導波路であって、数 μm オーダー以下の位置合わせ精度で他の光部品と容易にかつ低損失で光結合が可能な光導波路を提供することができる。

【0059】また、本発明によれば、光導波路と光ファイバ固定用の溝とが一体に設けられているので、その溝に固定された光ファイバと光導波路との光結合を精度よく、簡便に低損失で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(e)は、それぞれ本発明の光導波路の作製法の一実施例における各工程を示す断面図である。

【図2】(a)～(e)は、それぞれ本発明の光導波路の作製法の他の実施例における各工程を示す断面図である。

【図3】(a)～(f)は、それぞれ本発明の光導波路の作製法のさらに他の実施例における各工程を示す図であって、(a)は断面図であり、(b)～(f)は斜視図である。

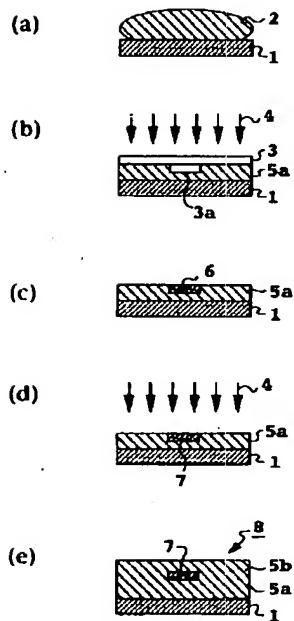
【図4】(a)～(h)は、それぞれ本発明の光導波路の作製法の他の実施例における各工程を示す図であって、(a)、(c)、(e)～(g)は断面図であり、(b)、(d)および(h)は斜視図である。

【符号の説明】

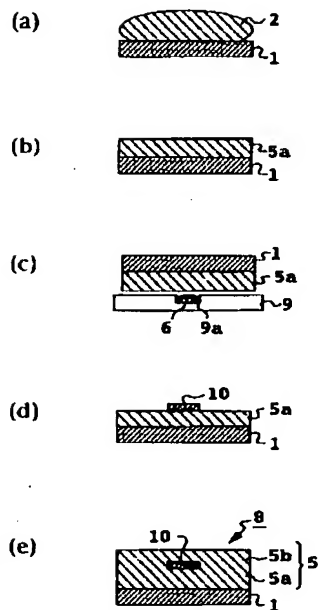
- 1 基板
- 2 室温で流動性を示すモノマーあるいはオリゴマー
- 3 成形用の型
- 4 光照射あるいは加熱
- 5 a 下部クラッド
- 5 b 上部クラッド

- 6 コア材料層
- 7 コア
- 8 導波路型の光学素子
- 9 成形用の型
- 9 a 凹部
- 10 コアリッジ
- 21 基板
- 22 エポキシ系UVモノマー
- 23 a 下部クラッド
- 23 b 上部クラッド
- 24 成形用の型
- 25 光照射
- 26 コア材料層
- 27 コア
- 28 直線導波路
- 30 基板
- 31 エポキシ系UVモノマー
- 32 成形用の型
- 33 V字形状凸部
- 34 紫外線照射
- 35 a 下部クラッド
- 35 b 上部クラッド
- 36 V溝
- 37 成形用の型
- 38 V字形状凸部
- 39 細溝部
- 300 コア材料
- 301 コアリッジ
- 302 V溝付導波路

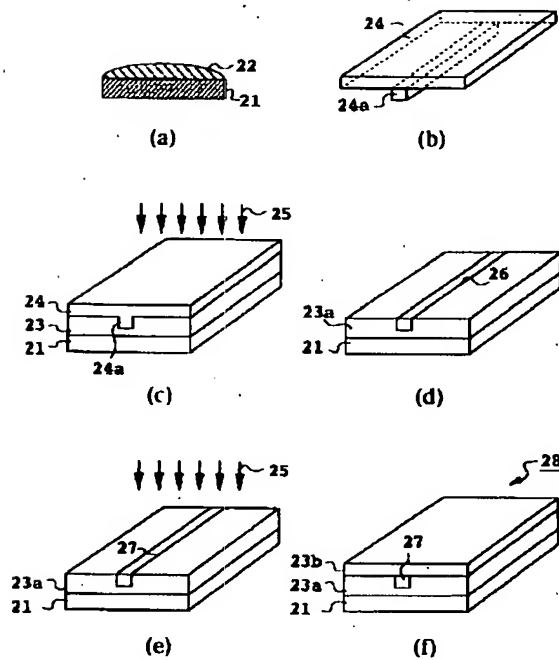
【図1】



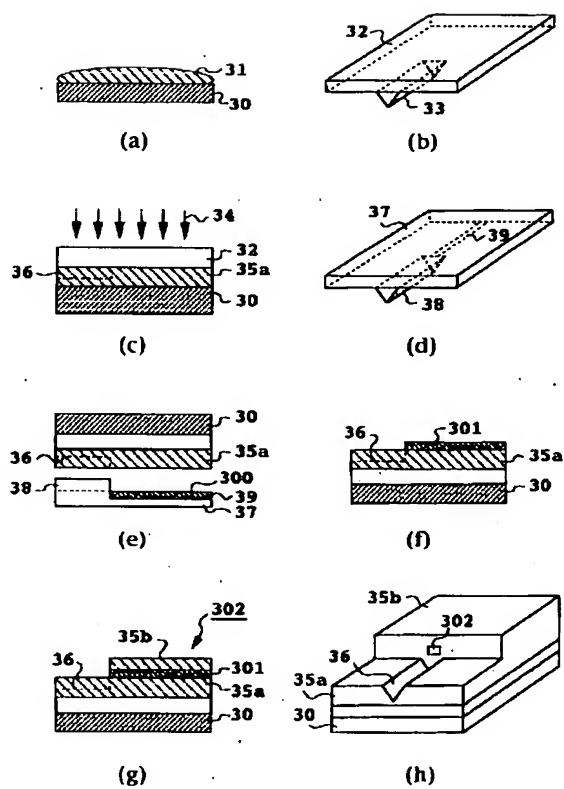
【図2】



【図3】



【図4】



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to optical waveguide usable to the optical device used in the optical-communication field and the optical-information-processing field, and its producing method.

[0002]

[Description of the Prior Art] optical waveguides, such as the former and this kind of waveguide mold optical element, -- quartz glass or LiNbO₃ etc. -- it is produced, using a dielectric crystal as an ingredient. In order to carry out the need of the micro processing, the photolithography, the dry etching process, etc. of being well used in an LSI process were combined with the production. It is Optical according to Mr. Masao Kawauchi about this. and Quantum 22 Electronics (es) 391 pages (1990) are consulted.

[0003] However, the manufacture process of the conventional producing method was complicated, and since the production equipment used was expensive, it was not suitable for mass production method, and had the fault that optical waveguides, such as a cheap component, were unproducible.

[0004] Moreover, in order to require precise adjustment in case other optical components and optical coupling, such as an optical fiber, are performed after that even if it produces optical waveguides, such as a component, by the conventional producing method, there is a problem of not being suitable in-mass production method.

[0005] Furthermore, producing optical waveguide using recently more cheap ingredient and polymeric materials is also performed. It is Electronics [this / else / Imamura Mr.]. Letters 27-volume 1342 pages (1991) are consulted. However, for that it is necessary to repeat the same pattern NINGU process for every one substrate, an etching system being expensive, etc., supposing it uses the waveguide producing method same as a producing method as glass waveguide, even if cheap in ingredient, the whole process cost requires glass waveguide and this extent, and has the fault of not becoming cheap as a result. Moreover, in order to require precise adjustment also in this case in case other optical components and optical coupling, such as an optical fiber, are performed after that even if it produces waveguide, there is a problem of not being suitable in mass production method, too.

[0006] Then, in order to lower process cost, or in order to avoid the complicatedness of optical coupling, the approach of producing macromolecule waveguide by the macromolecule fabricating methods, such as injection molding by the imprint of metal mold, is also proposed. Although this was the producing method suitable for mass production method, there was a fault which cannot realize waveguide which has sufficient optical property in production of the single mode waveguide as which the process tolerance of several micrometer order is required.

[0007] Moreover, using the metal mold produced based on V recessing performed to Si substrate by such macromolecule fabricating method, it unites with macromolecule waveguide and the V groove is produced, association with the optical fiber arranged on the V groove is made simple, and the idea of lowering the cost in connection with waveguide production of an optical element etc. is also proposed. However, especially in association with single mode waveguide and single-mode optical fiber, since especially the alignment precision below several micrometer order was required, there was a fault which cannot produce the waveguide which has joint loss low enough. Each of these originates in the metal mold dimension mainly used at the time of shaping differing from the imprint dimension of the macromolecule part after shaping greatly.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The 1st purpose of this invention can be cheap, can be produced simple, moreover, is waveguide, especially the waveguides for single modes, such as a highly efficient optical element, and is in the alignment precision below several micrometer order to offer easily the optical waveguide in which optical coupling is possible by low loss with other optical components.

[0009] The 2nd purpose of this invention is to offer the efficient method of producing this optical waveguide.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The factor for solving the above-mentioned technical problem in this invention is explained briefly.

[0011] (1) In the waveguide production process which produces optical waveguides, such as an optical element, in case using the processing method suitable for mass production method not using large-scale equipment, (2) ingredient cost's being low and using polymeric materials with easy processing, and (3) optical waveguides are produced, simplifying the activity for the optical coupling after production as much as possible etc. is mentioned using the metal mold in consideration of alignment with other light components, such as an optical fiber.

[0012] It is based on producing optical waveguide by the fabrication which imprints the pattern of the metal mold which is the processing method which was suitable for mass production method in cheap polymeric materials in this invention. The problem in this case is in the point that the metal mold dimension used at the time of shaping will differ from the imprint dimension of the macromolecule part after shaping greatly, as mentioned above. In order to take the approach of this fabricating under an elevated temperature, putting a very big pressure although a macromolecule is fabricated for example, after injection molding, and cooling to a room temperature after that, when using for glass etc. the polymeric materials which have the coefficient of thermal expansion of a proper large single or more figures, making small the difference of the metal mold dimension used at the time of shaping and the imprint dimension of the macromolecule part after shaping has many difficult things.

[0013] Then, in order to attain the 1st purpose of the above, in the optical waveguide which invention according to claim 1 surrounds a core and this core, and has the clad of a low refractive index at least rather than this core, said core is characterized for the mixture of the monomer or oligomer which has an epoxy ring, and a polymerization initiator by photo-curing or heat-hardening.

[0014] In the optical waveguide which invention according to claim 2 surrounds a core and this core, and has the clad of a low refractive index at least rather than this core, said core is characterized for the mixture of the monomer or oligomer which has a partial saturation radical, and a polymerization initiator by photo-curing or heat-hardening.

[0015] In the optical waveguide which invention according to claim 3 surrounds a core and this core, and has the clad of a low refractive index at least rather than this core, said core is characterized for the mixture of the monomer or oligomer which has siloxane association, and a polymerization initiator by photo-curing or heat-hardening.

[0016] In optical waveguide given in claim 1 thru/or one term of 3, the viscosity of said mixture of invention according to claim 4 may be 10000cps or less in a room temperature.

[0017] In order to attain the 2nd purpose of the above, moreover, invention according to claim 5 In the method of producing the optical waveguide which has the process which is made to harden the optical material mainly concerned with the raw material for cores of a photoresist with an optical exposure or heating, using the mold for molding which has the configuration of a desired core, and forms a core The mold for this molding has light transmission nature, and is characterized by performing this optical exposure through the mold for this molding.

[0018] By the method of producing this invention, the difference of the metal mold dimension used at the time of shaping and the imprint dimension of the macromolecule part after shaping can be made as small as possible by using the ingredient hardened even if it does not need an elevated temperature so much using the polymeric materials of the type hardened with light or heat, even when applying especially heat.

[0019] Moreover, since the structure of the ingredient of the type hardened with light or heat also has an epoxy ring, a partial saturation radical, silicone, etc. by the method of producing the optical waveguide of this invention, there is little hardening contraction. For this reason, the difference of the metal mold dimension used at the time of shaping and the imprint dimension of the macromolecule part after shaping can be made small.

[0020] Furthermore, by the method of producing the optical waveguide of this invention, optical waveguide and the V groove for laying an optical fiber are producible by one by making structure of the mold for shaping used into a specific thing. Thereby, precision is improved by the optical coupling of optical waveguide and an optical fiber simple.

[0021]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0022] First, one example of the method of producing the optical waveguide of this invention is explained for (a) - (e) of drawing 1.

[0023] As shown in (a) of drawing 1, the spreading layer 2 is formed with means, such as a spin coat and dipping, on the substrate 1 processed into the desired configuration. As an ingredient which forms this spreading layer 2, a room temperature can show a fluidity, and it can harden for example, by the below-mentioned optical exposure, and the

monomer or oligomer which moreover has the comparatively small property of hardening contraction can be mentioned.

[0024] Next, as shown in (b), the mold 3 for shaping which has long heights 3a of a desired configuration on the spreading layer 2 is put. This mold 3 is formed by this example from the ingredient which penetrates at least the light (ultraviolet rays) of the wavelength used for stiffening the above-mentioned spreading layer 2. Hardening film 5a which irradiates the light 4 of the above-mentioned transmitted wave length from this type 3 of upper part, is made to harden the spreading layer 2, and becomes a lower clad is formed. Of course, the above-mentioned spreading layer 2 may be heated and stiffened at predetermined temperature at the time of an optical exposure.

[0025] Next, if a mold 3 is removed as shown in (c), the slot of the configuration corresponding to long heights 3a of a mold 3 and a dimension will be exposed in the upper part of hardening film 5a, core materials will be held in the Mizouchi, and the core-materials layer 6 will be formed. The monomer or oligomer which a refractive index becomes high as these core materials 6 rather than hardening film 5a which is a lower clad at the time of hardening, and shows a fluidity at a room temperature can be mentioned.

[0026] In this process (c), although the ingredient which Mizouchi is made to harden with an optical exposure or heating is inserted, since processes, such as dry etching, are needed for removing that surplus part after hardening, the viscosity of the ingredient inserted in a slot has 10000cps or less desirable [it is difficult for the viscosity of that ingredient to insert only all over a slot with an ingredient 10000cps or more, and].

[0027] Next, as shown in (d), the core-materials layer 6 is again stiffened by the optical exposure 4, and it considers as the hardening film 7. Of course, the above-mentioned core-materials layer 6 may be heated and stiffened at predetermined temperature at the time of an optical exposure. Under the present circumstances, when there is a surplus part of the core-materials layer 6 overflowing from a slot, dry etching etc. removes.

[0028] Next, as shown in (e), after applying the same ingredient as the spreading layer 2 on the hardening film 5 and 7, the optical element 8 of a waveguide mold to have formed hardening film 5b which becomes an up clad by optical exposure, and have consisted of a core and a vertical clad can be obtained.

[0029] Next, the modification of the above-mentioned example is explained with reference to drawing 2.

[0030] First, (a) of drawing 2 shows the same condition as (a) of drawing 1. In this modification, without using the mold 3 which has long heights 3a in (b) of drawing 1, as shown in (b) of drawing 2, it is referred to as hardening film 5a which is made to harden the spreading layer 2 with an optical exposure or heating, and becomes a lower clad. On the other hand, core materials are held in long crevice 9a formed in the upper part of a mold 9, and the core-materials layer 6 is formed. The monomer or oligomer which shows a fluidity at the room temperature which becomes higher [a refractive index] than hardening film 5a can be mentioned like the above-mentioned as these core materials at the time of hardening. As these core materials were also mentioned above, in consideration of the insertion difficulty to Mizouchi etc., that viscosity has desirable 10000cps or less.

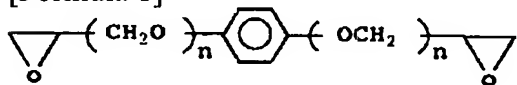
[0031] Next, as shown in (c), a substrate 1 is carried on a mold 9 in the condition of having turned hardening film 5a down, if a mold 9 is transparency, from the lower part of a mold 9, it will Mitsuteru-put, or will heat, the core-materials layer 6 will be stiffened, and the core ridge 10 will be formed. If a mold 9 is removed, as shown in (d), it will expose so that the core ridge 10 may project on hardening film 5a. Next, the ingredient which forms the spreading layer 2 on this core ridge 10 and hardening film 5a, and the same ingredient are applied, and hardening film 5b which is stiffened with an optical exposure or heating and becomes an up clad is formed. Through such each process, as shown in (e), the optical element 8 of a waveguide mold to have consisted of a core and a vertical clad can be obtained.

[0032] Hereafter, a concrete example is given and this invention is explained to a detail.

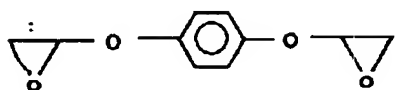
[0033] (Example 1) The method of producing the optical waveguide of this invention is explained. It is the production procedure which was shown in drawing 3.

[0034] First, as shown in (a), a substrate 21 is prepared, on this, an epoxy system UV monomer (viscosity of 1000cps) is applied as a charge of a lower clad plate with a spin coat method, and the spreading layer 22 is formed. The principal component of this spreading ingredient is the following general formula [0035].

[Formula 1]



[0036] It is the general formula [0037] of whether it is expressed with (here, n is zero or more integers), and a degree.
[Formula 2]



[0038] It is come out and expressed. On this spreading layer 22, as shown in (b), the vitreous mold 24 is put. This mold 24 has with width-of-face [of 10 micrometers], height [of 10 micrometers], and a die length of 50mm heights 24a to that down side. Where a mold 24 is put on the spreading layer 22, photo-curing of the spreading layer 22 is carried out by UV irradiation 25, and as shown in (c), lower clad 23a of waveguide is formed (a refractive index $n=1.51$, wavelength of 1.31 micrometers). On this lower clad 23a, a crevice is formed according to the configuration of heights 24a of a mold 24.

[0039] Next, as shown in (d), in the crevice of this lower clad 23a, it has the same principal component as the principal component of the ingredient which forms the spreading layer 22, the epoxy system UV monomer ingredient (viscosity of 100cps) used as core materials is inserted, and the core-materials layer 26 is formed. Under the present circumstances, if the viscosity of the monomer of core materials chooses a thing 100cps or less, it can insert only in a slot (crevice) mostly and the removal process of the overflowing ingredient can be skipped.

[0040] Next, as shown in (e), photo-curing of the core-materials layer 26 of a monomer is carried out by UV irradiation, and a core 27 is formed. This core 27 has width of face of 7 micrometers, and a dimension with a height of 7 micrometers (a refractive index $n=1.52$, wavelength of 1.31 micrometers).

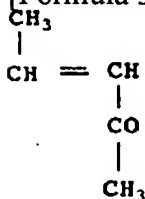
[0041] Next, as shown in (f), on a core 27 and lower clad 23a, apply the epoxy system UV monomer which is the same ingredient as the ingredient which forms the spreading layer 22, it is made to harden by UV irradiation, and up clad 23b is formed. Thereby, the optical waveguide 28 which consisted of a core and a vertical clad is producible.

[0042] Waveguide loss was 0.3 dB/cm when waveguide loss was measured using LD light source (wavelength of 1.31 micrometers) about the obtained optical waveguide 28.

[0043] (Example 2) Waveguide loss was 0.1 dB/cm when the optical element of a waveguide mold was produced by the same producing method as an example 1 except having used the monomer which has the following partial saturation radical as a principal component of core materials and the charge of a vertical clad plate (the clad refractive index $n=1.47$, the core refractive index $n=1.48$, core width of face of 7 micrometers, height of 7 micrometers).

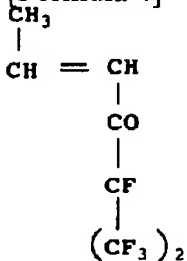
[0044]

[Formula 3]



[0045]

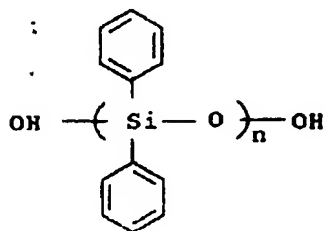
[Formula 4]



[0046] (Example 3) When the optical element of a waveguide mold was produced by the same producing method as an example 1 except having used the monomer which has the following siloxane association as a principal component of core materials and the charge of a vertical clad plate, waveguide loss was 0.1 dB/cm (wavelength of 1.3 micrometers), and 0.5 dB/cm (wavelength of 1.55 micrometers) (the clad refractive index $n=1.50$, the core refractive index $n=1.51$, core width of face of 7 micrometers, height of 7 micrometers). In addition, although the monomer which has siloxane association is expressed with the following general formula, n is the natural number among a formula.

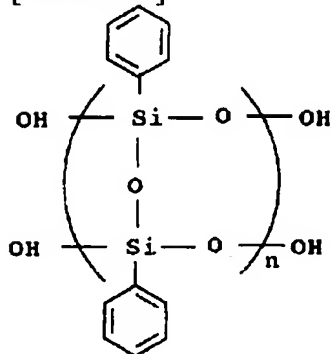
[0047]

[Formula 5]



[0048]

[Formula 6]



[0049] (Example 4) The method of producing V fluting waveguide by this invention approach is explained. It is the production procedure which was shown in drawing 4.

[0050] First, as shown in (a), a substrate 30 is prepared, on this, an epoxy system UV monomer is applied and the spreading layer 31 is formed.

[0051] On the other hand, as shown in (b), the vitreous mold 32 is prepared. This mold 32 has the V character configuration heights 33 to a part of that down side. These heights 33 have 60 degrees of aperture angles, height of 150 micrometers, width of face of 170 micrometers, and a dimension with a die length of 20mm.

[0052] Next, as shown in (c), a mold 32 is put on the spreading layer 31, from the upper part of a mold 32, UV light source performs UV irradiation 34, it exposes, photo-curing is carried out, and lower clad (refractive-index $n=1.51$, wavelength of 1.31 micrometers) 35a is formed. The spreading layer 31 is hardened according to the convex configuration of the mold 32 bottom, and V groove 36 is formed in the top face of lower clad 35a. This V groove 36 has the aperture angle of 60 degrees, height of 150 micrometers, and a dimension with a die length of 20mm.

[0053] On the other hand, as shown in (d), other molds 37 are prepared. The heights 33 of a mold 32 and the heights 38 of this dimension are formed in this type 37 of bottom, and the rill section 39 prolonged along the die-length direction of heights 38 from the edge of the central site of these heights 38 is formed in it. This rill section 39 has a depth of 10 micrometers, width of face of 10 micrometers, and a dimension with a die length of 40mm.

[0054] Next, as shown in (e), while inserting the epoxy system UV monomer 300 used as a core in the rill section 39 of a mold 37, as shown in (c), lower clad 35a of a substrate 30 is stuck. Subsequently, as shown in (f), an optical exposure is carried out from the lower part of a mold 37, and a monomer 300 is stiffened, and where the core ridge 301 is stuck on lower clad 35a, it forms. Under the present circumstances, by doubling correctly V groove 36 and the V character configuration heights 38 of a mold 37 which were formed on lower clad 35a, as shown in (f), the core ridge (a refractive index $n=1.52$, wavelength of 1.31 micrometers) 301 with a width of face [of 10 micrometers] and a height of 10 micrometers is produced according to the location of V groove 36.

[0055] Next, as shown in (g), apply the epoxy system UV monomer 31 again, it is made to harden by optical exposure, and up clad 35b is formed. Thereby, V fluting waveguide 302 containing the core ridge 301 and the vertical clads 35a and 35b is producible. Although an optical fiber is fixable to V groove 36 of this waveguide 302, since V groove 36 is formed in the core ridge 301 and one, on the occasion of the optical coupling of that optical fiber and core ridge 301, that positioning can be easily performed by low connection loss. In addition, in this example, although the V groove was used as the shape of a quirk which inserts an optical fiber, if it is the configuration which can insert an optical fiber, of course, you may not be a V groove.

[0056] The appearance of the obtained waveguide 302 is shown in (h) of drawing 4. When the optical fiber was fixed to this V groove 36 and waveguide loss was measured using LD light source (wavelength of 1.31 micrometers), connection loss with a fiber was 0.2dB, and waveguide loss was 0.3 dB/cm.

[0057] In addition, although the example of production of the optical waveguide using a photo-curing agent was shown also in any of the above-mentioned example, when carrying out a polymerization with heat, same production can be performed by changing the class of polymerization initiator.

[0058]

[Effect of the Invention] According to this invention, as explained above, it is producible cheaply and simple, and moreover, it is waveguide, especially the waveguides for single modes, such as a highly efficient optical element, and the optical waveguide in which optical coupling is possible can be easily offered by low loss with the optical components of others [the alignment precision below several micrometer order].

[0059] Moreover, according to this invention, since optical waveguide and the slot for optical fiber immobilization are established in one, it is accurate and optical coupling of the optical fiber and optical waveguide which were fixed to the slot can be performed by low loss simple..

[Translation done.]